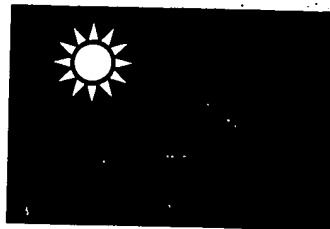


L 698 180274

2 KS



JC972 U.S. PTO
09/804830
03/13/01

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified here

申請 日：西元 2000 年 03 月 17 日
Application Date

申請 案 號：089104991
Application No.

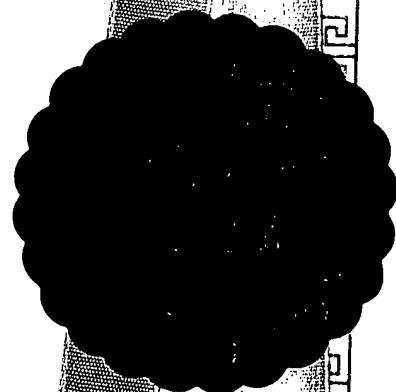
申請 人：周晟
Applicant(s)

局 長
Director General

陳 明 邦

發文日期：西元 2000 年 10 月 2 日
Issue Date

發文字號：08911014400
Serial No.



申請日期	
案 號	089104991
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明名稱	中 文	相位差量測裝置及應用該裝置之外差干涉量測系統
	英 文	
二、發明人	姓 名	周晟
	國 籍	中華民國
	住、居所	台北市北投區泉源路37之3號5樓
三、申請人	姓 名 (名稱)	周晟
	國 籍	中華民國
	住、居所 (事務所)	台北市北投區泉源路37之3號5樓
	代 表 人 姓 名	

四、中文發明摘要(發明之名稱： 相位差量測裝置及應用該裝置之外差干涉量測系統)

本發明係提供一種相位差量測裝置及應用該裝置之外差干涉量測系統，特別是指一種可達即時量測效果之非接觸式極化光外差干涉相位即時量測系統者，本案主要特徵係將來自外差干涉儀之光學信號以差動放大器相減並加以放大，致使輸出信號係將入射光信號之相位調變轉換為振幅調變之形式，可藉由直接度量其振幅大小而界定相位變化，從而有效提升量測之速率及靈敏度。

英文發明摘要(發明之名稱：)

五、發明說明()

1

本發明係提供一種相位差量測裝置及應用該裝置之外差干涉量測系統，特別是指一種可達即時量測效果之非接觸式極化光外差干涉相位即時量測系統者。

在奈米級之精密量測領域中，多係以光之波長及光波
5 間之干涉作為比對之基準，將所量測相位(phase)的變化應用在位移、角度、速度、長度、振動或其他相關物理量的量測上。由於雷射光在時間與空間方面之高同調性，故在此類干涉儀中皆以雷射為其光源。

光學外差干涉儀以量測相位應用在位移、角度、速度、
10 長度、振動等物理量的精密量測已經相當成熟。但諸如溫度等環境因素的變化，皆會造成光學外差干涉儀的相位量測精度降低。因此，光學外差干涉儀的架構必須滿足光學共同路徑(optical common path configuration)使環境因素保持在相同狀態，方可使相位免受外界環境的干擾。

即便如此，如第一圖所示申請人所擁有、公告第357259
15 號發明專利中之極化光學共同路徑外差干涉振動儀，在光學路徑之配置方面不僅運用Mach-Zehnder干涉儀，並突破、改良習用技術，卻因最終感測相位差時，係藉由鎖相迴路(phase lock loop)如相位偵測儀(phase sensitive
20 detector)，鎖相放大器(lock-in amplifier)等方法來量測相位大小，造成量測相位或都卜勒(doppler)頻率反應之速率較慢，故對於相位量測所要求之高精密度和快速反應的能力無法同時兼顧，以致嚴重限制此類外差干涉儀的功能。

有鑑於習知之雷射外差干涉儀在相位量測時所受到之

五、發明說明()

2

速度限制，造成運用該項技術時之侷促，本發明人累積經驗，積極研究，而有本發明『相位差量測裝置及應用該裝置之外差干涉量測系統』之產生。

5 本發明之目的係提供一種相位差即時量測裝置，係將來自雷射外差干涉儀之光學信號藉由差動放大器處理、並以振幅調變方式輸出，以收迅速反應之效。

本發明之另一目的係提供一種應用上述相位差即時量測裝置之非接觸式極化光外差干涉相位即時量測系統，使達高精度即時量測的效果。

10 本發明之再一目的係提供一種應用上述相位差即時量測裝置之非接觸式極化光外差干涉相位即時量測系統，使得當所度量之相位變化幅度甚大時，可以簡單之計數方式定量量測其變化者。

15 本發明之又一目的係提供一種應用上述相位差即時量測裝置之非接觸式極化光外差干涉相位即時量測系統，可明確區別度量相位之變化係朝向增加抑或減少方向者。

20 本發明之主要特徵係將來自外差干涉儀之光學信號以差動放大器相減並放大，致使輸出信號係將入射光信號之相位調變轉換為振幅調變形式，可藉由直接度量其振幅大小而界定相位變化，從而有效提升量測之速率及靈敏度。

爰是，為達到上述之目的，本發明之相位差量測裝置，係用以量測由一極化光學外差干涉儀之兩束相互垂直光學信號分別轉換出之二電信號者，該外差干涉儀之該二束光學信號中之至少一束，係包含照射至一待測物所得之反射

五、發明說明()

3

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

光者，且各該光學信號之光強度大小相等，並分別為包括
頻率差與時間乘積項、以及相位差項之函數，該量測裝置
包括：一差動放大器，供該二電信號輸入並相減並放大，
藉此，獲得包括頻率差與時間乘積之正弦函數、以及其與
5 相位差正弦函數的乘積；以及一信號處理裝置，用以度量
該相位差函數之振幅及/或其變化量者。

有關本發明為達上述目的、特徵所採用的技術手段及其
功效，茲例舉較佳實施例並配合圖式說明如下：

10 第一圖係習用極化光學共同路徑外差干涉振動儀之示意圖；

第二圖係本發明第一較佳實施例單頻穩頻雷射極化光
共同路徑外差干涉儀之示意圖；

第三圖係本發明第二較佳實施例雙頻相互垂直線偏極
化光外差干涉儀之示意圖；

15 第四圖係第三圖之極化光分析片造成P波與S波干涉
示意圖；

第五圖係本發明第三較佳實施例單頻穩頻雷射極化光
共同路徑環形外差干涉儀之示意圖；

20 第六圖係本發明第四較佳實施例雙頻相互垂直線偏極
化光環形外差干涉儀之示意圖；以及

第七圖係本發明第五較佳實施例單頻穩頻雷射極化光
共同路徑環形光纖外差干涉儀之示意圖。

五、發明說明 ()

4

圖號元件對照表：

10、20...單頻穩頻線偏極化雷射

11、21... $\frac{\lambda}{2}$ 波片

231、232、233、431、432...分光片

5 241、242...聲光調變器

251、252...驅動器

261、262、263、461、462...極化光分光片

271、272、273、274、275、471、472、473、474...平面

反射鏡

10 281、282、481、482...光偵檢器

291、292、491、492...帶通濾波器

30、50...差動放大器

31...信號處理裝置

310、51...振幅調變信號解調器

15 311...相位比較器

312...電子計數器

32、521、522...迴授電路

40...雙頻穩頻且相互垂直線偏極化雷射

421、422...極化光分析片

20 60...極化光狀態保留單模光纖

90...測試樣品

本發明之相位差量測裝置可用以配合前述第一圖之極化光學共同路徑外差干涉儀共同運作，構成本發明外差干

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明()

5

涉量測系統之第一較佳實施例，請參考第二圖所示，由一光源(在本實施例中係以一線極化光單頻穩頻氦氖雷射為例)20射出之極化光經一極化角度調整裝置，如本例中之半波片($\lambda/2$ wave plate) 21調整其極化角度；再經分光片231將雷射光分成入射至待測物90之信號光束 L_1 、及用以對照之參考光束 L_2 。

信號光束 L_1 及參考光束 L_2 分別經過一個頻率調整裝置，在本例中分別為一聲光調變器(acousto-optic modulator, AOM)241、242，各聲光調變器241、242係分別受其驅動器251、252致動，而使信號光束 L_1 之頻率透經聲光調變器241微幅改為 ω_1 ；信號光束 L_2 之頻率透經聲光調變器242微幅改為 ω_2 ；由此，分光後兩光束之頻率將產生可區隔之些微頻率差 $\Delta\omega$ 。當然，如熟於此技者所周知，此處之頻率調整裝置，可以電光調變或其他任何類似裝置達成。

信號光束 L_1 再經一分光片232與極化光分光片261，將電磁場震盪方向相互垂直之 P_1 波和 S_1 波分開，且其中至少一束係由待測物90反射(在本實施例中係將 P_1 照射至待測物90而取其反射光， S_1 則由平面反射鏡272反射)，再經極化分光片261與分光片232反射及轉向後，與單純受反射鏡271反射之參考光束的 P_2 波和 S_2 波在分光片233處重合。

至極化光分光片262處，再將彼此相垂直的外差干涉 P 波(P_1+P_2)信號及外差干涉 S 波(S_1+S_2)信號重新分離，並以兩個光偵檢器281、282分別檢測線偏極化外差干涉 P 波

五、發明說明 ()

6

(P_1+P_2)信號、及外差干涉S波(S_1+S_2)信號並轉換為電信號輸出。此P波及S波轉換之電信號，分別經以 $\Delta\omega=\omega_1-\omega_2$ 為中心頻率的帶通濾波器291、292，藉以濾出固定頻率之干涉信號，得到如下式之結果：

$$5 \quad I_{P_1+P_2}(\Delta\omega) = 2\sqrt{I_{P_1}I_{P_2}} \cos(\Delta\omega t + \Delta\phi_P) \dots\dots\dots (1)$$

$$I_{S_1+S_2}(\Delta\omega) = 2\sqrt{I_{S_1}I_{S_2}} \cos(\Delta\omega t + \Delta\phi_S) \dots\dots\dots (2)$$

由差動放大器(differential amplifier)30將所構成之電信號相減並放大後輸出為 I_{out} 。其中：

$$I_{out}(\Delta\omega t) = \gamma[I_{P_1+P_2}(\Delta\omega t) - I_{S_1+S_2}(\Delta\omega t)] \dots\dots\dots (3)$$

10 (I_{P_1}, I_{P_2})分別為 P_1 波及 P_2 波之強度大小；(I_{S_1}, I_{S_2})分別為 S_1 波及 S_2 波之強度大小； $\Delta\phi_P$ 為 P_1 波及 P_2 波的相位差， $\Delta\phi_S$ 是 S_1 波及 S_2 波的相位差； $\Delta\omega$ 為外差干涉之差頻； γ 為動放大器的增益(gain)。

15 當反覆調整半波片21的方位角(azimuth angle) θ 而使得 $\sqrt{I_{S_1}I_{S_2}} = \sqrt{I_{P_1}I_{P_2}} = K$ 時，上述兩組相互垂直之線偏極化外差干涉信號中之P波信號將變為：

$$I_{P_1+P_2}(\Delta\omega t) = 2K \cos(\Delta\omega t + \Delta\phi_P) \dots\dots\dots (4)$$

及S波信號將變為：

$$I_{S_1+S_2}(\Delta\omega t) = 2K \cos(\Delta\omega t + \Delta\phi_S) \dots\dots\dots (5)$$

20 此時，差動放大器將 $I_{P_1+P_2}(\Delta\omega t)$ 與 $I_{S_1+S_2}(\Delta\omega t)$ 兩外差干涉信號相減並且放大所輸出之信號 $I_{out}(\Delta\omega t)$ 可寫成：

$$I_{out}(\Delta\omega t) = \gamma[I_{P_1+P_2}(\Delta\omega t) - I_{S_1+S_2}(\Delta\omega t)] = \left| 4\gamma K \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right| \sin(\Delta\omega t) \dots\dots\dots (6)$$

其中 $\Delta\phi = (\Delta\phi_P - \Delta\phi_S)$ 為外差干涉P波及外差干涉S波的相

五、發明說明 ()

7

位差， $4\gamma K\sin(\frac{\Delta\phi}{2})$ 為振幅大小。由第(6)式可知差動放大器30輸出的信號 $I_{out}(\Delta\omega)$ 屬於振幅調變(AM)信號，其載波頻率為 $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2$ 。其中 (ω_1, ω_2) 分別為Mach-Zehnder外差干涉儀中兩聲光調變器241、242的驅動頻率。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

5 在本實施例中係以振幅解調器(amplitude demodulator; AD)310將所欲量測的相位 $\Delta\phi$ 信號由信號處理裝置31即時由量得的振幅大小號 $\left|4\gamma K\sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right|$ 計算出來。由此，當待測物位置改變時，反射之 P_1 分量將出現一相位移，此相位改變隨即呈現在最終輸出之振幅大小變化中。

10 當然，如熟於此技者所能輕易理解，若將 P_1 與 S_1 互調，以 S_1 入射至待測物， P_1 單純反射亦屬可選擇之實施態樣。尤其諸如量測磁碟機轉盤不同位置間之相對移動或振動，更可以 P_1 與 S_1 分別入射至待測物之不同部位而達成。

15 本發明之相位差量測裝置雖僅包括一差動放大器30及一信號處理裝置31，但在外差干涉量測領域中，差動放大器向來僅被用來降低兩信號間共有之雜訊，以備去除雜訊之用；藉由本發明之揭露，差動放大器係被用作一光-電轉換處理裝置，將第(1)式和第(2)式中之相位差 $(\Delta\phi = \Delta\phi_p - \Delta\phi_s)$ 直接以電信號之振幅調變呈現，並且信號處理裝置31中至少包括一振幅調變信號解調裝置310。藉此，不僅由傳統的相位量測方法轉換成量測振幅調變信號，使得欲量測的相位信號直接正比於振幅大小，顯著提升感測速率；並且

20

五、發明說明()

8

當相位 $\Delta\phi$ 的變化很小時，由 $\sin x \approx x$ 的關係，則獲得之輸出

電信號可化簡為： $4\gamma K \sin(\frac{\Delta\phi}{2}) \approx 2\gamma K \Delta\phi \dots\dots\dots (7)$

此時，所量得到的振幅大小與 $\Delta\phi$ 成正比，更由於振幅解調信號大小為 $2\gamma K \Delta\phi$ ，因此度量之靈敏度將為相位差 $\Delta\phi$ 的 $2\gamma K$ 倍，此舉較傳統利用鎖相迴路等方法量測相位 $\Delta\phi$ ，在靈敏度上大幅提高。

此外，在結合迴授電路(feedback loop)32後，可利用諸如調控本實施例中所示之反射鏡272前後位置，使相位變化 $\Delta\phi$ 維持在相位歸零(nulling)的條件下提供控制信號(error signal)，運用在 $\Delta\phi \approx 0$ 附近，差動放大器30輸出的振幅信號大小和 $\Delta\phi$ 成線性關係，其斜率為 $2\gamma K$ 之特性，使能即時量測極小的相位變化量。當然，此歸零控制亦可藉由其他可行之替代方式實施。

換言之，由於 $\Delta\phi$ 是外差干涉P波及S波的相位差，如外差干涉P波及S波分別來自測試點及參考點的相對位移、相對角度或其他如溫度、光折射率、電磁場等所造成相位變化的物理量。它可直接利用簡單、迅速且成熟之振幅解調技術，在極短時間內即時獲得相位 $\Delta\phi$ 的大小，而分別求出相對應之物理量。由此，本發明可廣泛的應用在位移、角度、速度、長度、振動等即時測量以及其他相關的光學感知器(optical sensor)中。

此外，如熟於此技者所能輕易理解，本發明既可應用在兩點相對小位移(small displacement)之量測，自然亦可

五、發明說明 ()

9

應用在相對小角度 (small angle) 以及其他相關之物理量等極小變化的即時測量與控制。尤其可藉由在信號處理裝置 31 中加一微分器 (圖未示)，微分振幅解調信號

$$\frac{dI_{out}}{dt} = 2\gamma K \cdot \frac{d}{dt} [\Delta\phi], \text{ 迅速獲得所量測相位的時間變化量}$$

$$5 \quad \frac{d[\Delta\phi(t)]}{dt}, \text{ 由 } \omega_D = \frac{d[\Delta\phi(t)]}{dt} \text{ 的關係, 本發明可對小相位的瞬間}$$

變化造成都卜勒頻率偏移 ω_D ，並以振幅調變信號大小量測都卜勒頻率偏移 ω_D ，其靈敏度可提高 $2\gamma K$ 倍，可即時量測被測試表面的微小振動。是以，依照本發明之揭露，不僅可應用在振動、及位移的即時量測，特別在結合迴授電路並利用相位變化的敏感性而產生控制信號，可精確的鎖

10

定在已設定的起始相位狀態而應用在相關的領域中。

如上所述，因振幅調變信號大小正比於相位差的正弦函數 $\sin(\frac{\Delta\phi}{2})$ ，當待測物所造成的相位變化過大，致使 $\Delta\phi$ 可

15

表示成 $2\pi n + \delta$ 時，亦可在信號處理裝置 31 中增設一電子計數器 (up-and-down counter) 312，有效對 n 個脈衝信號記數而將其所剩餘之相位 δ 利用振幅大小 $4\gamma K \sin(\frac{\delta}{2})$ 計算出

來；其中 n 為整數， $0 < \delta < \pi$ 。因此，由參數 (n, δ) ，本發明不僅可有效量測大範圍的相位變化，亦可藉由微分電路同時求出相位變化速率，應用在速度、振動等物理量。

20

尤其為區別相位改變方向起見，更可在信號處理裝置

五、發明說明 ()
10

31中增設一相位比較器(phase comparator)311，將該二光偵檢器281、282經帶通濾波器291、292所輸出之外差干涉信號同時輸入相位比較器311中，更可即時量測出 $\Delta\phi$ 之正負，達到區別相位變化方向之功效。

- 5 另方面，考量藉由迴授電路32調整面鏡272的位置，改變 S_1 之光程，亦可將外差干涉P波及S波的相位差預先設定在 $\Delta\phi(t=0)=\Delta\phi_0$ 的條件下，則最終之輸出信號為

$$I_{out}(\Delta\alpha t) = \left| 4\gamma K \sin\left(\frac{\Delta\phi + \Delta\phi_0}{2}\right) \right| \sin(\Delta\alpha t), \text{ 故可在 } 0 < \Delta\phi_0 < \pi \text{ 間預先設}$$

定固定之相位差值 $\Delta\phi_0$ 來量取相位信號 $\Delta\phi(t)$ 。

- 10 此外，如第三圖第二較佳實施例所示，除前述以單頻氬氫雷射作為光源，並經分光之光學架構外，亦可採用兩相互垂直(orthogonal)線偏極化(P波及S波)且不同頻率的雷射光(如Zeeman laser)40為光源，並經分光片431將雷射光束分成參考光束(P_2+S_2)及信號光束(P_1+S_1)，參考光束
- 15 中原本彼此相互垂直而無法干涉之 P_2 分量及 S_2 分量分別如第四圖所示，經極化光分析片(analyzer)422更一一區分為相互垂直之二分量，由此， P_2 與 S_2 在極化光分析片422極化方向分量相互干涉，構成參考光之外差干涉信號，經光偵檢器482轉換為電信號，並以 $\Delta\omega = \omega_p - \omega_s$ 為中心頻率之
- 20 帶通濾波器492濾波後輸入差動放大器50中。信號光束則經過極化光分光片461將 S_1 波和 P_1 波分光，在本實施例中係將 P_1 入射至待測物91並經待測物反射， S_1 則由平面反射鏡471反射，於極化光分光片461合併及分光片432轉向後，

五、發明說明 ()

11

再經極化光分析片 421，同樣將相互垂直之 P_1 分量及 S_1 分量各自分為二垂直分量，在極化光分析片 421 極化方向分量相互干涉，構成信號光之外差干涉信號，亦經光偵檢器 481 及帶通濾波器 491 送入差動放大器 50 中。其中，信號光

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

$$I_{sig}(\Delta\omega) = I_{P_1+S_1}(\Delta\omega) = \sqrt{I_{P_1}I_{S_1}} \sin 2\theta_s \cos(\Delta\omega + \Delta\phi_{sig}) \dots\dots\dots (8)$$

其中， θ_s 為信號光束中，極化光分析片 421 的極化角；
 $\Delta\phi_{sig} = \phi_{P_1} - \phi_{S_1}$ 是 S_1 與 P_1 波的相位差； $\Delta\omega = \omega_p - \omega_s$ ，為 P 波的
 頻率 ω_p 和 S 波的頻率 ω_s 外差干涉所產生的差頻率； I_{P_1} 和 I_{S_1}
 分別為 P_1 波和 S_1 波的光強度。

同理，參考光之外差干涉信號則為：

$$I_{ref}(\Delta\omega) = I_{P_2+S_2}(\Delta\omega) = \sqrt{I_{P_2}I_{S_2}} \sin 2\theta_r \cos(\Delta\omega + \Delta\phi_{ref}) \dots\dots\dots (9)$$

θ_r 為參考光束中，極化光分析片 422 之極化角，
 $\Delta\phi_{ref} = \phi_{P_2} - \phi_{S_2}$ 是 P_2 與 S_2 波的相位差。調整信號光及參考光路
 徑中之極化光分析片 421、422 的極化角度 θ_s 及 θ_r ，使
 上述外差干涉信號振幅大小滿足
 $\sqrt{I_{P_1}I_{S_1}} \sin 2\theta_s = \sqrt{I_{P_2}I_{S_2}} \sin 2\theta_r = 2\chi$ 之關係。則上述 $I_{ref}(\Delta\omega)$ 與
 $I_{sig}(\Delta\omega)$ 分別可改寫為：

$$I_{sig}(\Delta\omega) = I_{P_1+S_1}(\Delta\omega) = 2\chi \cos(\Delta\omega + \Delta\phi_{sig}) \dots\dots\dots (10)$$

$$I_{ref}(\Delta\omega) = I_{P_2+S_2}(\Delta\omega) = 2\chi \cos(\Delta\omega + \Delta\phi_{ref}) \dots\dots\dots (11)$$

輸入差動放大器 50 相減並放大後，可寫成

$$I_{out}(\Delta\omega) = \gamma [I_{ref}(\Delta\omega) - I_{sig}(\Delta\omega)] = \left| 4\gamma\chi \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right| \sin(\Delta\omega) \dots\dots\dots (12)$$

其中 $\Delta\phi = \Delta\phi_{ref} - \Delta\phi_{sig}$ 為參考光束和信號光束之相位差， γ

訂

線

五、發明說明 ()

12

為差動放大器 50 的增益 (gain)。

當然，此處亦可藉一迴授電路 52 調整面鏡 471 位置、改變 S_1 波之光程，將外差干涉信號波 ($P_1 + S_1$) 及外差干涉參考波 ($P_2 + S_2$) 的相位差 $\Delta\phi$ 設定在 $\Delta\phi(t=0) = \Delta\phi_0$ ，使差動放大

5 器輸出信號 $I_{out}(\Delta\omega) = \left| 4\gamma\chi \sin\left(\frac{\Delta\phi + \Delta\phi_0}{2}\right) \right| \sin(\Delta\omega t)$ 中， $\Delta\phi_0$ 可被設定

在 $0 < \Delta\phi_0 < \pi$ 範圍內，而相位信號 $\Delta\phi(t)$ 的變化以 $\Delta\phi_0$ 為基點 (bias)，從而可區別相位變化之方向。此外，當外差干涉信號波 ($P_1 + S_1$) 及外差干涉參考波 ($P_2 + S_2$) 的相位差滿足

$\sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \cong \frac{\Delta\phi}{2}$ 時，則 $I_{out}(\Delta\omega) = |2\gamma\chi\Delta\phi| \sin(\Delta\omega t)$ 。振幅調變信號

10 $I_{out}(\Delta\omega)$ 之振幅大小為相位信號 $\Delta\phi$ 的 $2\gamma\chi$ 倍，並以 $\Delta\phi=0$ 為基點。

又者，當外差干涉信號波 ($P_1 + S_1$) 及外差干涉參考波 ($P_2 + S_2$) 的相位差 $\Delta\phi = 2n\pi + \delta$ ， n 為整數且 $0 < \delta < \pi$ 時，則可在信號處理裝置中增一電子計數器 (圖未示)，紀錄 n 個脈

15 衝信號，配合振幅大小 $\left| 4\gamma\chi \sin\left(\frac{\delta}{2}\right) \right|$ ，直接量測相位差 δ ，因

此由參數 (n, δ) 可延伸相位量測的範圍。此後，如同前一實施例之配置，在差動放大器 50 之後置放包括一振幅解調裝置 510 之一信號處理裝置 51，便可將原始相位差之信號以電信號之振幅呈現，有效加快量測速率、並提升感測靈

20 敏度。

再者，如第五圖所示，當將第一較佳實施例中，信號

五、發明說明 ()

13

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

光束 L_1 經由頻率調變裝置241微幅調整其頻率後，極化分光片263將信號光束之 P_1 波分量和 S_1 波分量分離，分別以相反方向進入作為待測物之一環形光路組件，在本實施例中該環形光路組件係以三片平面反射鏡273、274、275直
5 角反射，所共同組成供信號光束傳輸之一環形光路，信號光束中之 P_1 波與 S_1 波分別經由該環形光路之相反方向傳播，重新於極化分光片263處重合；並再由分光片233將參考光束和信號光束重合而相互干涉。一旦該環形光路旋轉，而造成 P_1 波與 S_1 波之光程改變而造成量測的相位改
10 變，由此構成一共同路徑環形外差干涉儀(Ring Interferometer)，藉以量出該環形干涉儀所在之環境轉動或改變。同前述原理，由差動放大器所輸出的信號可寫成：

$$I_{out}(\Delta\alpha) = \left| 4\gamma\Theta \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right| \sin(\Delta\alpha) \dots\dots\dots(13)$$

其中， Θ 為外差干涉P波和外差干涉S波的振幅大小， $\Delta\phi$
15 是 P_1 波和 S_1 波在環形光路中所產生的相位變化。當 $\Delta\phi \approx 0$ 時，第(13)式將可表示為 $I_{out}(\Delta\alpha) = |2\gamma\Theta\Delta\phi| \sin(\Delta\alpha) \dots\dots(14)$

由此，差動放大器30輸出的信號振幅大小和量測的相位差成正比，並可如同前述實施例，藉由一回授電路提供一控制信號，隨時歸零該相位變化，進而提供精確控制相
20 位變化的能力。其偵測靈敏度較直接量取 $\Delta\phi$ 增強 $2\gamma\Theta$ 倍。

再如第六圖所示，考慮將諸如第二較佳實施例中之信號光束 P_1+S_1 經由極化分光片462將信號光束之 P_1 波分量和 S_1 波分量分離，分別以相反方向進入作為待測物之一環形

五、發明說明 ()

14

光路組件，在本實施例中該環形光路組件係以三片平面反射鏡472、473、474直角反射，所共同組成供信號光束傳輸之一環形光路，信號光束中之 P_1 波與 S_1 波分別經由該環形光路之相反方向傳播，重新於極化分光片462處重合；

- 5 並再經由極化光分析片421產生外差干涉。一旦環形光路產生旋轉而造成 P_1 波和 S_1 波之光程改變而造成量測的相位改變由此構成一雙頻極化光環形外差干涉儀。同前述原理，由差動放大器所輸出的信號：

$$I_{out}(\Delta\alpha x) = \left| 4\Gamma \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right| \sin(\Delta\alpha x) \dots\dots\dots(15)$$

- 10 其中 Γ 為外差干涉P波和外差干涉S波的振幅大小， $\Delta\phi$ 是 P_1 波和 S_1 波在環形光路中所產生的相位變化。當 $\Delta\phi \approx 0$ 時，第(15)式將可表示為 $I_{out}(\Delta\alpha x) = |2\Gamma\Delta\phi| \sin(\Delta\alpha x) \dots\dots\dots(16)$

- 由此，差動放大器50輸出的信號振幅大小和 $\Delta\phi$ 成正比，並可輸出一控制信號，藉此，諸如用於航空器之方向
15 穩定時，可藉該控制信號隨時迴歸控制，使航空器在偏移預定航向時，立即被偵測出，並恢復預定航向、歸零該相位變化，而提供精確控制相位變化的能力。

- 如第七圖所示，當將第五圖之環形光路以一極化光狀態保留單模光纖(polarization maintain single mode optical
20 fiber)60取代，將構成一環形光纖干涉儀(fiber optical ring interferometer)，藉此，亦可應用在即時量測角度旋轉、電磁場強度大小及控制等相關的光學感知器中。當然，此處所列舉之複數平面反射鏡、環形佈設之光纖，均僅係為

五、發明說明 ()
15

說明環形光路之用，並非作為限制條件者。

附件所示係依照第二圖光學架構完成即時量測相位變化的實驗結果，其中待測物90係以壓電晶體推動的平面反射鏡， P_1 波和 S_1 波分別入射到一反射鏡272及前述待測物90並反射，由改變反射 P_1 平面反射鏡的位置即時測量振幅調變的振幅大小，所測得的實驗結果和第(6)式的理論預測相吻合，足以說明本相位量測方法的可行性及靈敏度。

尤其，上述所有元件裝置之架構簡單、反應速度加快，較習用之相位偵測裝置靈敏，可提高光學外差干涉儀之市場應用價值。

綜上所述，本發明之『相位差量測裝置及應用該裝置之外差干涉量測系統』，確能藉上揭構造、裝置，將以往僅被用作濾除環境雜訊之差動放大器及信號處理裝置轉用於直接作為光學信號處理，有效將相位調變信號轉換為以振幅調變信號呈現，達到有效加快相位量測速度、大幅提高量測靈敏度、成本顯著降低之預期目的與功效，係一「開創性發明」，且申請前未見於刊物亦未公開使用，符合發明專利之新穎、進步等要件。

惟，上揭圖式及說明，僅為供瞭解本發明之實施例而已，並非為限定本發明之實施；凡熟悉該項技藝人仕，依本發明特徵範疇所作之其他等效變化或修飾，皆應涵蓋在以下本案之申請專利範圍內。

六、申請專利範圍

16

1. 一種相位差量測裝置，係用以量測由一極化光學外差干涉儀之兩束相互垂直光學信號分別轉換出之二電信號者，該外差干涉儀之該二束光學信號中之至少一束，係包含照射至一待測物之反射光者，且各該光學信號之光強度大小相等，並分別為包括頻率差與時間乘積項、以及相位差項之函數，該量測裝置包括：

一差動放大器，供該二電信號輸入並相減放大，藉此，獲得一振幅調變之輸出信號，該信號正比於包括頻率與時間乘積之函數、以及相位差之函數的乘積；以及

一信號處理裝置，該信號處理裝置包括一振幅解調裝置，用以解調度量該差動放大器輸出之該振幅調變信號振幅大小及/或其變化量者。

2. 如申請專利範圍第1項所述之相位差量測裝置，其中該信號處理裝置更包括一計數器，藉此，當該相位差變化超過 2π 時，可以該計數器讀取該相位差之變化中，包含 2π 之若干整數倍。

3. 一種外差干涉量測系統，係用以量測一待測物者，包括：

一同調性光源；

一外差干涉儀，係用以將來自該同調性光源之光束分光為一信號光束及一參考光束，該二光束皆包括相互垂直之二極化方向(P波及S波)分量，各該光束間具有一頻率差，且該信號光束之二分量中之至少一者，係包括被照射至上述待測物而得之光學信號，並相互干涉產生

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

17

二組振幅大小相等，並分別包括該頻率差與時間乘積項、以及相位差項之函數的外差干涉信號；

二光偵檢器，用以將該二干涉信號分別轉換為一電信號輸出；

- 5 一差動放大器，供該二電信號輸入並相減放大，藉此，獲得一振幅調變之輸出信號，該信號正比於包括頻率與時間乘積之函數、以及相位差之函數的乘積；以及

- 10 一信號處理裝置，該信號處理裝置包括一振幅解調裝置，用以解調度量該差動放大器輸出之該振幅調變信號振幅大小及/或其變化量者。

4. 如申請專利範圍第3項所述之外差干涉量測系統，其中該光源係一單頻穩頻雷射；該外差干涉儀包含一極化角度調整裝置、一分光裝置及二組頻率調變裝置；以及該信號處理裝置包含一振幅調變信號解調裝置，其中：

- 15 該極化角度調整裝置包括一二分之一波片，用以調整該單頻穩頻雷射輸出之線偏極化光束極化角度；該光束係經由該分光裝置分為上述參考光束及信號光束，並調整該二分之一波片極化角度，使該二光束各該分量之光強度滿足 $\sqrt{I_R I_P} = \sqrt{I_S I_S} = K$ 的要求；該二光束之頻率係分別由該二頻率調變裝置調至彼此略有差異，致使各該P波相互干涉產生一外差干涉P波信號 $I_{R+P}(\Delta\alpha) = 2K \cos(\Delta\alpha + \Delta\phi_P)$ 、各該S波亦相互干涉產生一外差干涉S波信號 $I_{S_1+S_2}(\Delta\alpha) = 2K \cos(\Delta\alpha + \Delta\phi_S)$ ，且該外差干涉P波信號與該

20

六、申請專利範圍

18

外差干涉S波信號之頻率相同、振幅大小相等，並分別為包括該頻率差與時間乘積項、以及相位差項之函數；由此，該差動放大器輸出信號中所包含之相位差 $\Delta\phi$ 項，可由該振幅解調裝置自該振幅調變輸出信號之振幅大小

5 $\left| 4\gamma K \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right|$ 得出。

5. 如申請專利範圍第4項所述之外差干涉量測系統，更包括一迴授電路，用以改變至少該二光束之一分量的光程，藉此，將該外差干涉P波及S波之相位差 $\Delta\phi$ 維持在 $\Delta\phi(t=0) = \Delta\phi_0$ 原點附近之一範圍。

10 6. 如申請專利範圍第4項所述之外差干涉量測系統，其中該信號處理裝置更包括用以比較該二光偵檢器輸出信號之一相位比較器，藉此區別該相位差 $\Delta\phi$ 之正負，辨別該待測物位置之變化方向。

15 7. 如申請專利範圍第4項所述之外差干涉量測系統，其中該信號處理裝置更包括一計數器，藉此，當界定該相位差變化 $\Delta\phi = 2n\pi + \delta$ ，則該差動放大器輸出信號振幅大小

$\left| 4\gamma K \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right|$ 可寫成 $4\gamma K \sin\left(\frac{\delta}{2}\right)$ ，其中 $0 < \delta < \pi$ ， n 為整數，並以

該計數器紀錄 n 個脈衝信號，由 (n, δ) 讀取該相位差之變化，藉此，延伸相位變化之量測範圍。

20 8. 如申請專利範圍第4項所述之外差干涉量測系統，其中該該信號光束中彼此相垂直之 P_1 波與 S_1 波，係藉由設置於該信號光束光路中之一極化分光裝置分離，以及該待

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

19

測物係一環形光路組件，其中該極化分光裝置係位在該頻率調變裝置下游，致使該信號光束中彼此相垂直之 P_1 波與 S_1 波被該極化分光裝置分離，並反向行經該環形光路組件所構成之一環形光路，再於該極化光分光裝置處重合，藉此，當該環形光路組件所處環境旋轉時，該差動放大器輸出的相位差 $\Delta\phi$ 可由該振幅調變信號之振幅大小

小 $\left|4\gamma\sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right|$ 得出。

9.如申請專利範圍第8項所述之外差干涉量測系統，其中該環形光路組件包括複數平面反射鏡。

10.如申請專利範圍第8項所述之外差干涉量測系統，其中該環形光路組件包括一極化光狀態保留單模光纖。

11.一種外差干涉量測系統，係用以量測一待測物者，包括：

一同調性光源；

15 一外差干涉儀，係用以將來自該同調性光源之光束分光為一信號光束及一參考光束，該二光束皆包括相互垂直之二極化方向(P波及S波)分量，各該極化方向分量間具有一頻率差，且該信號光束之二分量中之至少一者，係包括被照射至上述待測物而得之反射光學信號，並相互干涉產生二組振幅大小相等，並分別包括該頻率差與時間乘積項、以及相位差項之函數的外差干涉信號；

20 二光偵檢器，用以將該二干涉信號分別轉換為一

六、申請專利範圍

20

電信號輸出；

一差動放大器，供該二電信號輸入並相減放大，藉此，獲得一振幅調變之輸出信號，該信號正比於包括頻率與時間乘積之函數、以及相位差之函數的乘積；以及

5

一信號處理裝置，該信號處理裝置包括一振幅解調裝置，用以解調度量該差動放大器輸出之該振幅調變信號振幅大小及/或其變化量者。

10

12. 如申請專利範圍第11項所述之外差干涉量測系統，其中該光源係一雙頻率且相互垂直線偏極化之雷射，以在相互垂直之二方向中分別提供兩束頻率略有差異之線偏極化雷射光束；該外差干涉儀包含一分光裝置及二極化光分析片；以及該信號處理裝置包含一振幅調變信號解調裝置，其中：

15

來自該光源之光束係經該分光裝置分為上述參考光束及信號光束，使該參考光束包括線極化方向相互垂直且彼此頻率略有差異之二分量 P_2 及 S_2 ，而該信號光束則包括線極化方向相互垂直、彼此頻率略有差異之二分量 P_1 及 S_1 ；

20

該信號光束之該二分量 P_1 、 S_1 中，至少一者係被照射至上述待測物，且該參考光束及該信號光束分別經各該對應極化光分析片，使彼此沿極化光分析片極化方向之各該分量相互干涉，其中，各該極化光分析片之方位角被調整，致使各該分量之光強度滿足

六、申請專利範圍

21

5 $\sqrt{I_{R1} I_{S1}} \sin 2\theta_s = \sqrt{I_{R2} I_{S2}} \sin \theta_r = 2\chi$ 之關係，由此，該信號光束可產生一外差干涉信號波 $I_{sig}(\Delta ax) = 2\chi \cos(\Delta ax + \Delta\phi_{sig})$ ，該參考光束亦產生一外差干涉參考波 $I_{ref}(\Delta ax) = 2\chi \cos(\Delta ax + \Delta\phi_{ref})$ ，且該外差干涉信號波與該外差干涉參考波之頻率相同、振幅大小相等，並分別為包括該頻率差與時間乘積項、以及相位差項之函數；由此，該差動放大器輸出信號中所包含之相位差 $\Delta\phi$ 項，可由該振幅解調裝置自該振幅調變輸出信號之振幅大小 $\left| 4\chi \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right|$ 得出。

10 13. 如申請專利範圍第12項所述之外差干涉量測系統，其中更包括一迴授電路，用以改變至少該二光束之一分量的光程，藉此，將該外差干涉P波及S波之相位差 $\Delta\phi$ 維持在原點 $\Delta\phi(t=0) = \Delta\phi_0$ 附近之一範圍。

15 14. 如申請專利範圍第12項所述之外差干涉量測系統，其中該信號處理裝置更包括用以比較該二光偵檢器輸出信號之一相位比較器，藉此區別該相位差 $\Delta\phi$ 之正負，辨別該待測物位置之變化方向。

20 15. 如申請專利範圍第12項所述之外差干涉量測系統，其中該信號處理裝置更包括一計數器，藉此，當界定該相位差變化 $\Delta\phi = 2n\pi + \delta$ ，則該差動放大器輸出振幅調變信號振幅大小 $\left| 4\chi \sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \right|$ 可寫成 $4\chi \sin\left(\frac{\delta}{2}\right)$ ，其中 $0 < \delta < \pi$ ，並以該計數器紀錄 n 個脈衝信號，由 (n, δ) 讀取該相位差之變化，藉此，延伸相位變化量測範圍。

六、申請專利範圍

22

16.如申請專利範圍第12項所述之外差干涉量測系統，其中該該信號光束中彼此相垂直之 P_1 波與 S_1 波，係藉由設置於該信號光束光路中之一極化分光裝置分離，以及該待測物係一環形光路組件，致使該信號光束中彼此相垂直之 P_1 波與 S_1 波被該極化分光裝置分離，並彼此反向行經該環形光路組件所構成之一環形光路，再於該極化光分光裝置處重合，藉此，當該環形光路組件所處環境旋轉時，該差動放大器輸出的相位差 $\Delta\phi$ 可

由該振幅調變信號之振幅大小 $\left|4\gamma\sin\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)\right|$ 得出。

17.如申請專利範圍第16項所述之外差干涉量測系統，其中該環形光路組件包括複數平面反射鏡。

18.如申請專利範圍第16項所述之外差干涉量測系統，其中該環形光路組件包括一極化光狀態保留單模光纖。

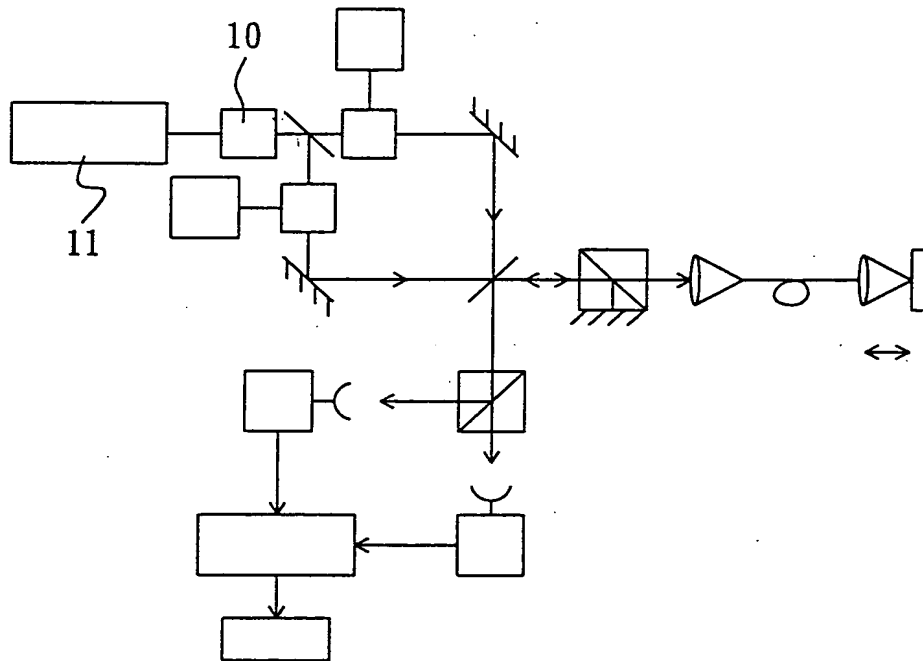
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

圖式



第一圖

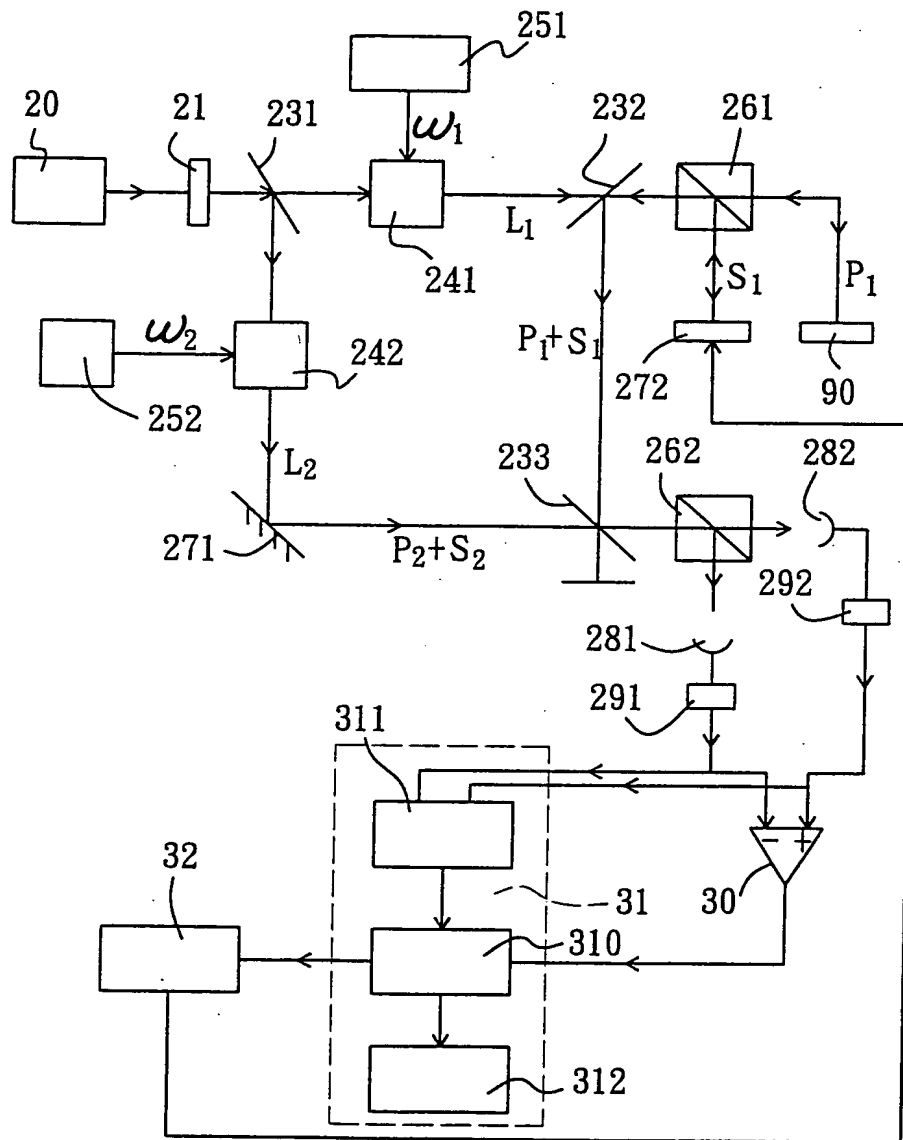
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式



第二圖

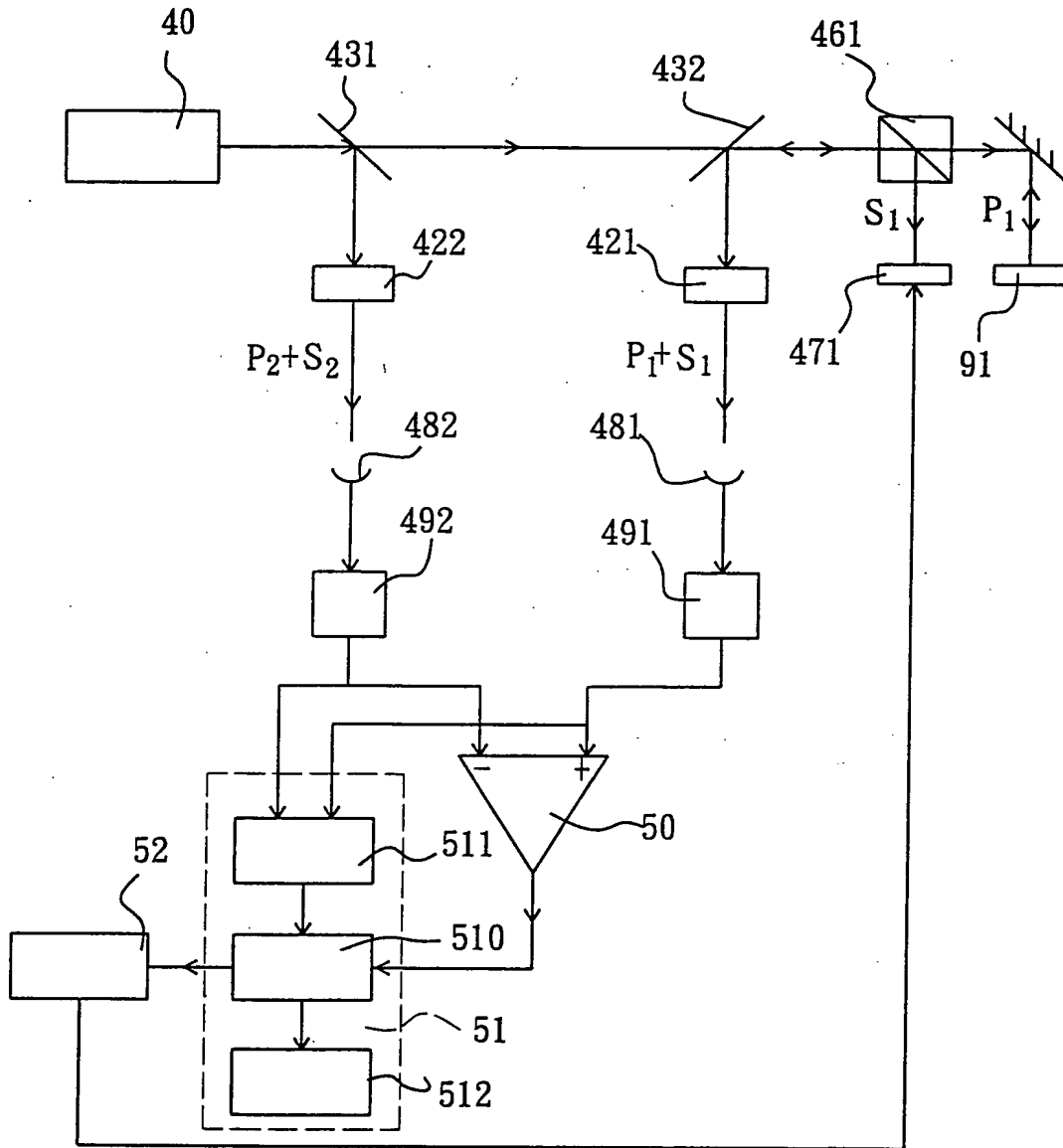
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式



第三圖

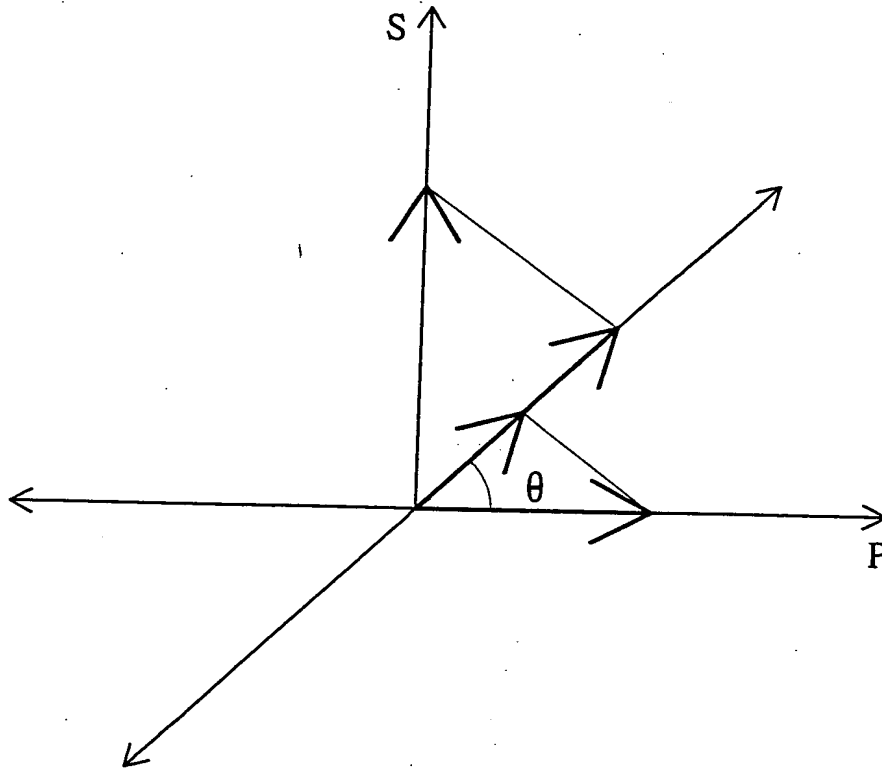
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式



第四圖

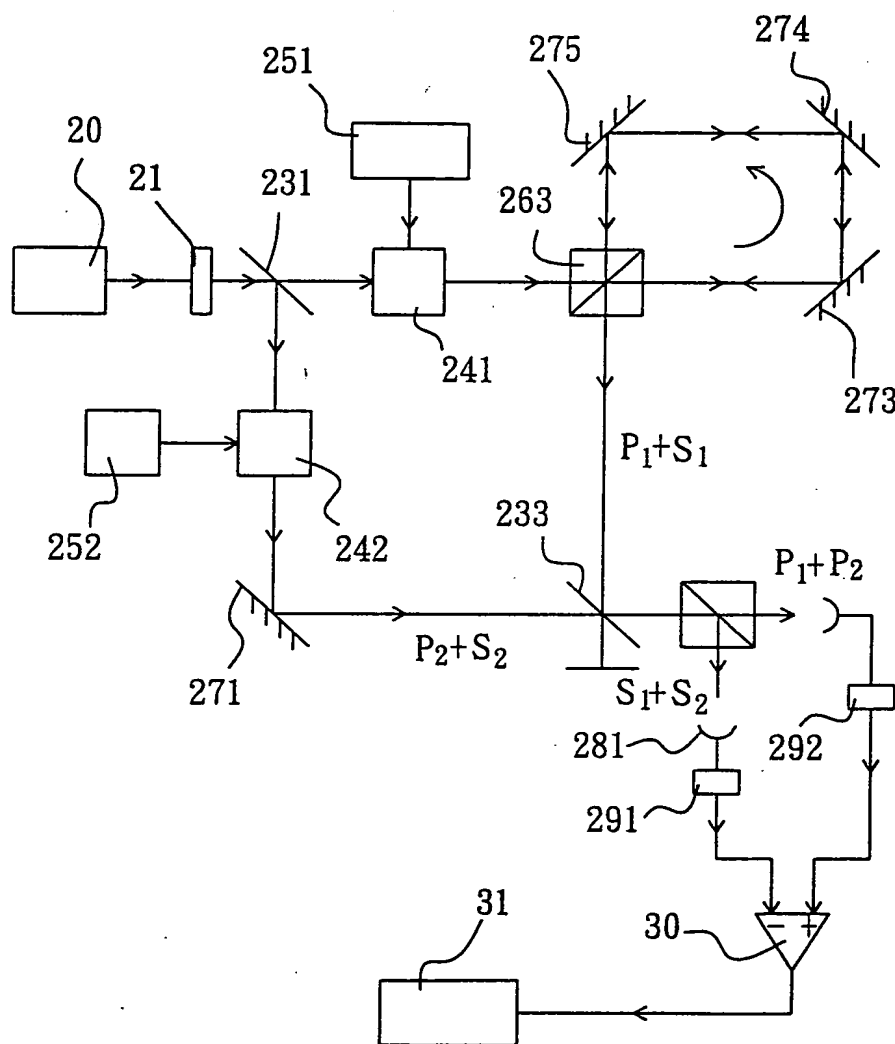
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式



第五圖

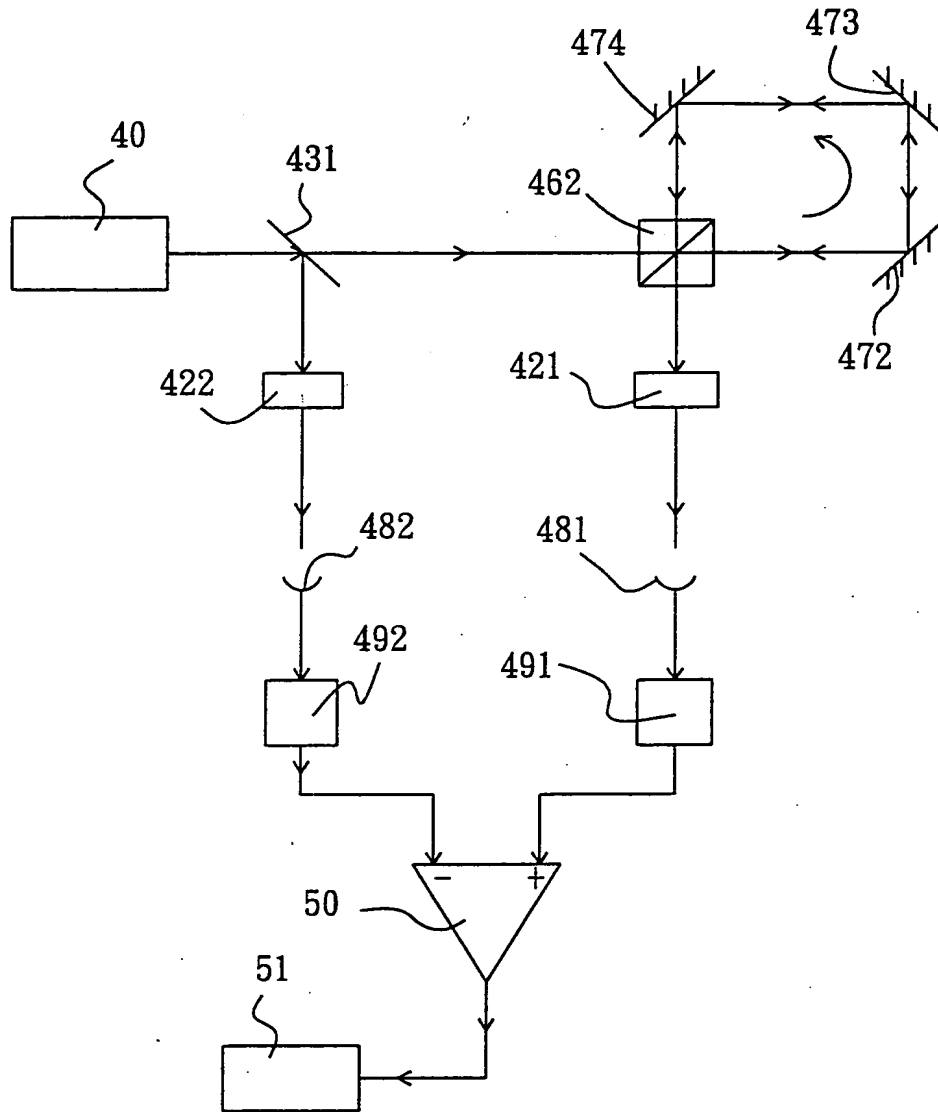
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式



第六圖

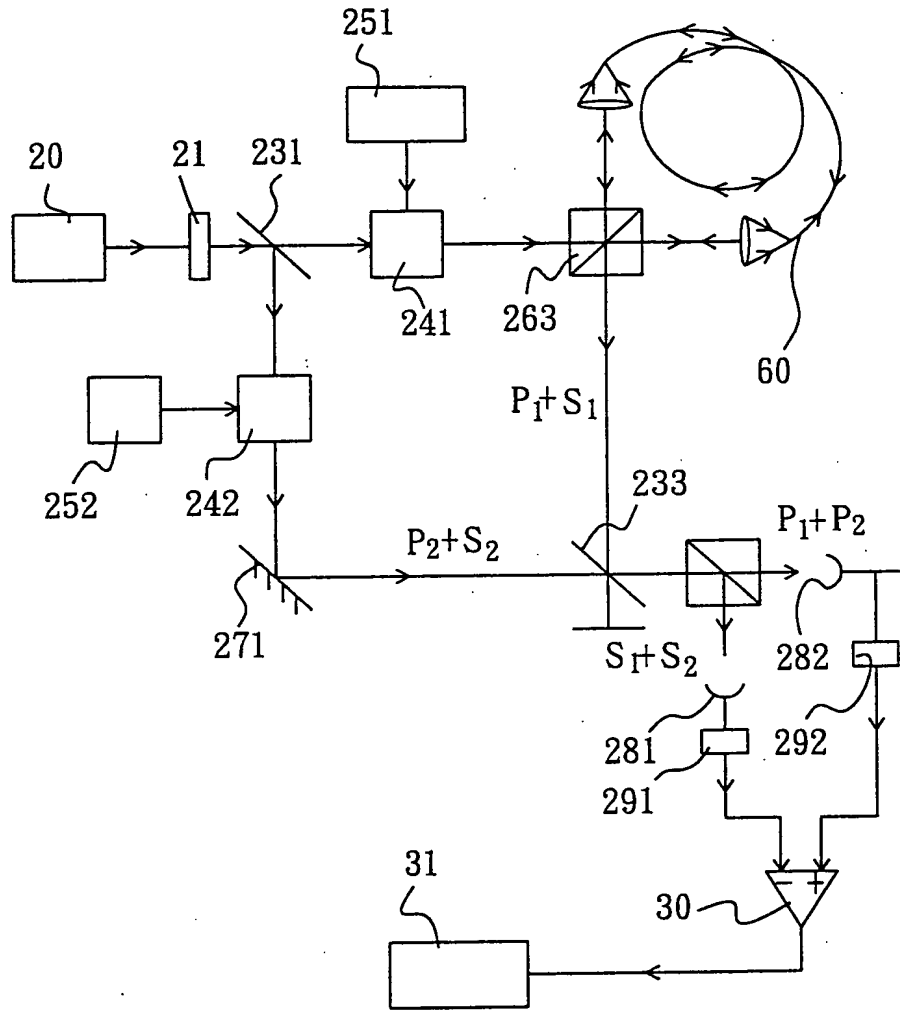
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

圖式



第七圖

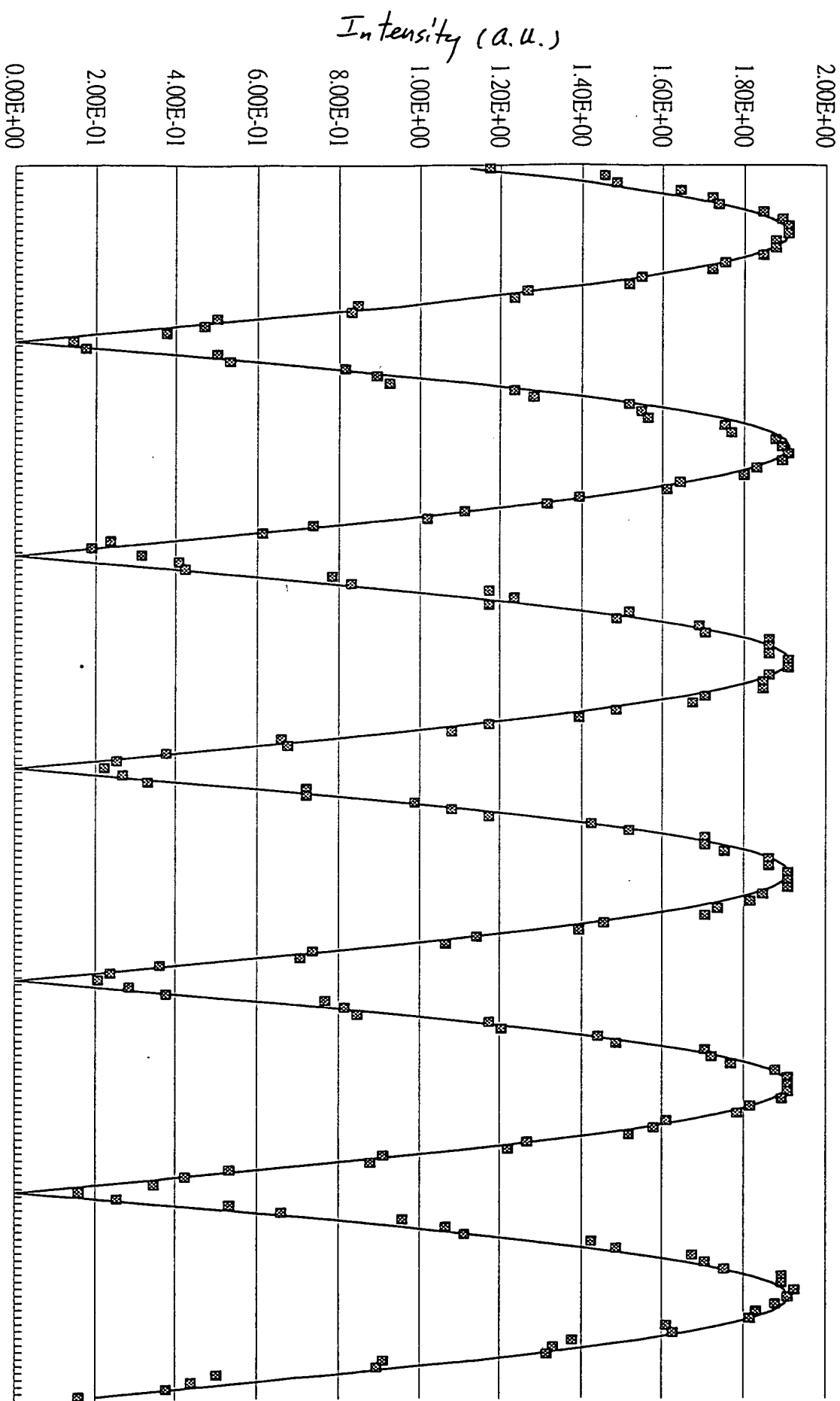
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

$$|I_{out}(out)| = \text{ark} \sin(\frac{\Delta\phi}{2})$$



附件

$\Delta\phi$
Phase difference
(a.u.)